Iranian Journal of Pulses Research
Homepage: https://ijpr.um.ac.ir
Vol. 13, No. 2, December 2022, p. 50-61
Original Research; DOI: 10.22067/ijpr.v13i2.2202-1022

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره) ۱۳ شمارهٔ ۲، نیمهٔ دوّم ۱۴۰۱
صفحهٔ ۶۱-۵۰، نوع مقاله: پژوهشی

اثر تلفیق اسیدهیومیک و کود نانوکلات پتاسیم بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد پروتئین لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.)

محمدحسین حسینی‌نیک[۱]، علیرضا شکوه‌فر[۲]* و خوشناز پاینده[۳]

۱- گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران؛ mhhossein24@gmail.com
۲- استادیار گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران؛ alireza_shokuhfar@yahoo.com؛
۳- استادیار گروه خاکشناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران؛ payandeh426gmail.com؛

تاریخ‌ها:
دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۲۰، **بازنگری:** ۱۴۰۱/۰۱/۱۴، **پذیرش:** ۱۴۰۱/۰۴/۰۶؛ **انتشار آنلاین مقاله:** ۱۴۰۱/۱۰/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:
حسینی‌نیک، م.ح.، شکوه‌فر، ع.ر.، و پاینده، خ. ۱۴۰۱. اثر تلفیق اسیدهیومیک و کود نانوکلات پتاسیم بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد پروتئین لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L). پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۳(۲): ۶۱-۵۰.

چکیده

به‌منظور بررسی اثر تلفیق اسیدهیومیک و کود نانوکلات پتاسیم بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد پروتئین لوبیا چشم‌بلبلی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۸ در مزرعه‌ای واقع در شهرستان اهواز اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل اسید هیومیک در سه سطح صفر (شاهد)، ۲ و ۴ لیتر در هکتار و سطوح کود نانوکلات پتاسیم به‌صورت خاک کاربرد در سه سطح صفر (شاهد)، ۲ و ۴ کیلوگرم در هکتار بودند. نتایج نشان داد که تیمار اسیدهیومیک و نانوکلات پتاسیم بر تعداد دانه در غلاف، شاخص برداشت، شاخص کلروفیل و درصد پروتئین دانه معنی‌دار بود. برهمکنش اسیدهیومیک و نانوکلات پتاسیم اثر معنی‌داری بر وزن۱۰۰دانه، تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک داشت. بیشترین عملکرد دانه از کاربرد ۴ کیلوگرم در هکتار نانوکلات پتاسیم و ۴ لیتر در هکتار اسیدهیومیک به میزان ۲۲۶/۲۹ گرم در مترمربع حاصل شد که با تیمار ۴ کیلوگرم در هکتار نانوکلات پتاسیم و ۲لیتر در هکتار اسیدهیومیک تفاوت آماری معنی‌داری نداشت که نسبت به تیمار عدم کاربرد اسیدهیومیک و نانوکلات پتاسیم ۲۵ درصد افزایش نشان داد. به‌طور کلی می‌توان کاربرد ۲ لیتر در هکتار اسیدهیومیک توأم با ۴کیلوگرم در هکتار نانوکلات پتاسیم را برای افزایش عملکرد دانه در واحد سطح و درصد پروتئین لوبیا چشم‌بلبلی مناسب دانست.

واژه‌های کلیدی: تعداد غلاف در بوته؛ شاخص کلروفیل؛ عملکرد بیولوژیک؛ وزن۱۰۰دانه

مقدمه

با افزایش روزافزون جمعیت جهان افزایش تقاضا برای منابع پروتئین گیاهی در حال افزایش است. حبوبات مهم‌ترین منبع غذایی بوده و در این میان لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) یکی از مهم‌ترین حبوبات می‌باشد که با دارابودن ۲۰ تا ۲۵ درصد پروتئین، تأمین‌کننده بخش مهمی از پروتئین مورد نیاز انسان است و در این زمینه نقش مهمی را ایفا می‌کند (Samadi Firouzabadi & Farahani, 2013).

کاربرد کودهای شیمیایی موجب بروز خسارت‌های سنگین زیست‌محیطی شده است. لذا امروزه استفاده از مواد ارگانیک، طبیعی و بهره‌گیری از طبیعت مورد توجه است. با توجه به کاربرد بی‌رویه کودهای شیمیایی در ایران و اثرات سوء ناشی از آن، به منابع آب و خاک، لازم است مطالعاتی درباره روش‌های کاربرد یا مواد قابل جایگزین انجام شود (Mahmoodi Zoeek *et al.*, 2015). اسیدهیومیک یک ترکیب پلیمری طبیعی آلی است که در نتیجه پوسیدگی مواد آلی خاک، پیت، لیگنین و غیره به وجود می‌آید که می‌تواند جهت افزایش محصول و کیفیت آن به کار گرفته شود (Antoun *et al.*, 2010). اسیدهیومیک با اصلاح ساختار فیزیکی خاک فضای مناسب‌تری را برای نفوذ ریشه ایجاد می‌کند. ثانیاً اسیدهیومیک با افزایش نفوذپذیری سلول‌های ریشه با جذب بهتر مواد معدنی و موادغذایی به توسعه بیشتر گیاه و کیفیت محصول کمک می‌نماید. همچنین اسیدهیومیک با بهبود تولید قند، پروتئین و ویتامین در گیاه و نیز تأثیر مثبتی که بر جنبه‌های مختلف فتوسنتز دارد نیز محتوای غذایی محصولات کشاورزی را افزایش می‌دهد (Ghorbani *et al.*, 2010). از مزایای مهم

* نویسنده مسئول: alireza_shokuhfar@yahoo.com

کاربرد اسید هیومیک می‌توان به قابلیت کلات‌کنندگی عناصر غذایی مختلف مانند پتاسیم و منیزیم و سایر عناصر در جهت غلبه بر کمبود عناصر غذایی اشاره کرد. همچنین اسید هیومیک از طریق اصلاح فیزیکی و بهبود دانه‌بندی خاک، فضای بیشتری برای نفوذ آب ایجاد می‌کند (Saruhan *et al.*, 2011). Kahraman (2017) با بررسی اثر اسیدهیومیک (صفر، ۷۰، ۱۱۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) بر عملکرد و ویژگی های کیفی لوبیا چشم‌بلبلی گزارش نمود که وزن۱۰۰۰دانه، عملکرد دانه، درصد پروتئین، میزان پتاسیم و منگنز با افزایش میزان کاربرد اسیدهیومیک افزایش معنی‌داری یافتند. همچنین اسیدهیومیک با اثر بر ساخت اسمولیت‌هایی مانند پرولین موجب تخفیف آثار تنش و با جلوگیری غیرمستقیم از تخریب کلروفیل موجب ادامه رشد و تسهیم بهینه آسمیلات‌ها در گیاه و افزایش رشد ریشه می‌گردد (Khan *et al.*, 2018). نتایج پژوهشی نشان داد که کاربرد کودهای آلی نظیر اسیدهیومیک سبب افزایش کلروفیل کل، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن۱۰۰دانه و عملکرد دانه گیاه لوبیا چشم‌بلبلی شد (Faiyad *et al.*, 2019).

فناوری نانو به‌عنوان علم پیشتاز در رفع مشکلات و مسائل کشاورزی به خوبی جایگاه خود را در علوم کشاورزی و صنایع وابسته به اثبات رسانده است. در مورد استفاده از کودها در امر بهبود تولیدات کشاورزی نیز این تکنولوژی به کمک می‌آید. نانوکودها به صورت کامل جذب گیاه شده و به خوبی نیازها و کمبودهای غذایی را رفع می‌کند. از مزایای استفاده از نانوکودها می‌توان به مواردی چون قیمت کم، تأثیر بالا، قابلیت حل‌پذیری زیاد در آب و کنترل‌پذیری بیشتر اشاره نمود (Salardini, 2005). پتاسیم مناسب‌ترین کاتیون یک‌ظرفیتی برای فعال کردن آنزیم‌های گیاهی است، چون علاوه بر این که غلظت آن در سلول و مقدار آن در طبیعت زیاد است، این کاتیون تحرک فوق‌العاده‌ای در داخل گیاه دارد (Sohair *et al.*, 2018). پتاسیم نقش حیاتی در فتوسنتز دارد، چون باعث افزایش مستقیم رشد و شاخص سطح برگ و لذا جذب CO_2 و افزایش انتقال مواد فتوسنتزی به خارج برگ می‌شود (Gardner, 2011). Zyada *et al*, (2020) با مطالعه پاسخ رشد و تولید لوبیا چشم‌بلبلی در شرایط سطوح مختلف پتاسیم بیان داشتند که افزایش معنی‌دار شاخص سطح برگ، عملکرد دانه و شاخص کلروفیل در تیمار ۷۲ کیلوگرم در هکتار کاربرد کود پتاسیم مشاهده شد. نتایج در مطالعه‌ای نشان داد که کاربرد ۱۴۰ کیلوگرم کود پتاسیم در لوبیا چشم‌بلبلی باعث افزایش وزن۱۰۰۰دانه، تعداد دانه در غلاف، طول غلاف و تعداد غلاف‌ها و عملکرد دانه شد (Mansourian & Shokoohfar, 2015).

از این رو تحقیق حاضر به منظور بررسی اثر تلفیق اسیدهیومیک و کود نانوکلات پتاسیم بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد پروتئین لوبیا چشم‌بلبلی در اهواز اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز واقع در شهرستان اهواز با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و با ارتفاع ۲۲/۵ متر از سطح دریا انجام گردید. قبل از اجرای آزمایش از خاک مزرعه در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر نمونه‌برداری و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین گردید (جدول ۱). این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل اسید هیومیک در سه سطح صفر (شاهد)، ۲ و ۴ لیتر در هکتار و سطوح کود نانوکلات پتاسیم به‌صورت خاک کاربرد در سه سطح صفر (شاهد)، ۲ و ۴ کیلوگرم در هکتار بودند. عملیات خاک‌ورزی شامل ماخار و انجام شخم نیمه‌عمیق، دیسک، ماله‌زنی و کودپاشی شامل ۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص از منبع اوره و کود فسفر خالص به میزان ۸۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سوپرفسفات تریپل، تماماً به صورت پایه استفاده شد. پس از انجام عملیات کودپاشی، خاک مزرعه توسط دیسک سبک با خاک مخلوط شد. سپس توسط فاروئر شیارهایی به فاصله ۷۵ سانتی‌متر ایجاد گردید. هر کرت شامل شش خط کشت به طول پنج متر که فاصله بین بوته‌های روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. کود نانوپتاسیم با پایه کلات پتاسیم ۲۳ دصد از شرکت فن‌آور سپهر پارمیس و اسید هیومیک حاوی ۱۲ درصد فولویک اسید و ۶۸ درصد اسید هیومیک از شرکت آرمان سبز آدینه خریداری و مورد استفاده قرار گرفت. کاربرد اسیدهیومیک و کود نانوکلات پتاسیم دو بار طی فصل رشد گیاه در مراحل قبل از گلدهی و قبل از غلاف‌دهی انجام گرفت. کاربرد اسیدهیومیک و نانوکلات پتاسیم در مقادیر قیدشده براساس تیمار همراه با آب آبیاری در مزرعه اعمال شد. عملیات کاشت لوبیا چشم‌بلبلی رقم کامران در اوایل تیرماه ۱۳۹۸ به‌صورت دستی انجام پذیرفت. اولین آبیاری یک روز بعد از کشت انجام شد. وجین علف‌های‌هرز پس از جوانه‌زنی بذور و قوی‌شدن ساقه گیاهان به روش دستی انجام شد. به‌منظور تعیین عملکرد و اجزای عملکرد، دو ردیف کناری و نیم متر از ابتدا و انتهای کرت به‌عنوان اثرات حاشیه‌ای حذف شدند و در نهایت برداشت نهایی محصول در تاریخ ۲۵آبان‌ماه۱۳۹۸ در مساحتی معادل دو مترمربع انجام گرفت. برای اندازه‌گیری تعداد نیام در بوته، ۱۰ نمونه به‌طور تصادفی از

بین نمونه‌های برداشت‌شده انتخاب کرده و ویژگی‌های مورد نظر اندازه‌گیری شد. همچنین برای به‌دست‌آوردن تعداد دانه در نیام، ۱۰ نیام را از کل نیام‌ها جدا کرده و پس از جداکردن همه دانه‌ها، آن‌ها را شمارش کرده و از تقسیم تعداد دانه بر تعداد نیام‌ها، تعداد دانه در نیام به‌دست آمد. برای اندازه‌گیری وزن۱۰۰دانه، از دانه‌های برداشت‌شده از هر کرت آزمایشی پنج نمونه به‌صورت تصادفی جدا و پس از توزین با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم، میانگین نمونه‌ها به عنوان وزن۱۰۰دانه در نظرگرفته شد. عملکرد بیولوژیک و دانه به‌ترتیب پس از توزین کل بوته‌ها و سپس خرمن‌کوبی و بوجاری کل غلاف‌ها در دو خط میانی به مساحت دومترمربع در هر واحد آزمایشی تعیین شد. شاخص برداشت از طریق تقسیم عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک به‌صورت درصد محاسبه گردید (Koocheki & Sarmadnia, 2008). شاخص کلروفیل (عدد اسپاد) با دستگاه اسپادمتر مدل (spad-502) با متوسط ۱۰ برگ از هر کرت در زمان گلدهی اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری میزان پروتئین دانه نیز با ضرب‌کردن درصد نیتروژن دانه در ضریب ۶/۲۵ میزان پروتئین موجود در دانه به‌دست آمد (Jones *et al.*, 1991). تجزیه واریانس داده‌ها توسط نرم‌افزار آماریSAS 9.2 و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table1. Physical and chemical properties of soil

هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dc/m)	نیتروژن (درصد) N (%)	pH	کربن آلی (درصد) OC (٪)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Phosphorus (mg/kg)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) potassium (mg/kg)	عمق خاک (سانتی‌متر) Depth of soil (cm)	بافت خاک Soil texture
3.4	0.04	7.6	0.89	9.35	168	0-30	لومی رسی Clay loam

نتایج و بحث

تعداد دانه در غلاف

نتایج نشان داد که تعداد دانه در غلاف در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر نانوکلات پتاسیم و اسیدهیومیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین تعداد دانه در غلاف مربوط به کاربرد ۴ لیتر در هکتار اسیدهیومیک با میانگین ۱۰/۸ و کمترین تعداد دانه در غلاف به تیمار عدم کاربرد اسیدهیومیک (شاهد) با میانگین ۷/۷۶ اختصاص یافت (جدول ۳).

نتایج تحقیق نشان داد که اسیدهیومیک سبب افزایش تعداد دانه در غلاف شد که به‌نظر می‌رسد دلیل آن تأثیر مثبت اسیدهیومیک در جلوگیری از ریزش گل‌ها و حفظ غلاف‌های موجود از طریق توازن مناسب مواد غذایی بین بخش رویشی و زایشی گیاه باشد (Khan *et al.*, 2012). اسیدهیومیک به دلیل دردسترس‌قراردادن عنصر فسفر و سایر عناصر غذایی برای گیاه، سبب افزایش عملکرد در واحد زایشی و دانه‌بندی شده است (Shahsavani *et al.*, 2017). لذا بر این اساس می‌توان گفت مواد طبیعی همانند اسید هیومیک به لحاظ دارابودن هورمون‌های رشد همانند سیتوکینین و اکسین باعث افزایش تقسیم سلولی (Ludwig-Muller, 2000) و تعداد غلاف و دانه در بوته شده‌اند که با نتایج این تحقیق مشابهت داشت.

همچنین بیشترین تعداد دانه در غلاف از کاربرد ۴ کیلوگرم در هکتار، با میانگین ۱۱/۳۴ و کمترین تعداد دانه در غلاف از تیمار عدم کاربرد کود پتاسیم (شاهد) با میانگین ۷/۰۹ به‌دست آمد (جدول ۳). دلیل بالابودن تعداد دانه در گیاه در تیمار کاربرد کود پتاسیم را شاید بتوان در عدم وجود محدودیت منبع در شرایط مصرف کود پتاسیم دانست. وجود کود پتاسیم در گیاه از سقط بیش از حد دانه‌ها جلوگیری می‌کند. لذا در صورت عدم وجود محدودیت منبع، محدودیت مخزن نیز کمتر پیش می‌آید. این نتایج با یافته‌های Sharifi *et al*, (2013) که بیان نمودند کاربرد کود پتاسیم در لوبیا تأثیر مثبتی بر تعداد دانه در نیام و تعداد نیام در بوته دارد، منطبق بود. از طرفی Baratzadeh *et al*, (2019) بیان داشتند که با افزایش نانوکلات پتاسیم، گیاه با دراختیارداشتن ذخیره مناسب پتاسیم، توانسته دانه‌های گرده قوی‌تری تولید و با لقاح مناسب، تعداد دانه در غلاف بیشتری تولید گردد. البته وجود پتاسیم کافی نیز سبب حفظ فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی می‌شود. بدین ترتیب با توجه به نقش پتاسیم در انتقال مواد فتوسنتزی، افزایش تعداد دانه در گیاه با کاربرد پتاسیم قابل توجیه است. نتایج این آزمایش با یافته‌های Soufifard & Sadeghi (2015) مطابقت داشت.

جدول ۲- میانگین مربعات ویژگی‌های تحت تأثیر کود پتاسیم و اسید هیومیک

Table 2. Mean square of traits under potassium fertilizer and humic acid

منابع تغییرات **S.O.V.**	درجه آزادی **df**	تعداد دانه در غلاف **Grain number per pod**	تعداد غلاف در بوته **Pod number per plant**	وزن۱۰۰دانه **100-seed weight**	عملکرد دانه **Grain yield**	شاخص کلروفیل **Chlorophyll index**	عملکرد بیولوژیک **Biological yield**	شاخص برداشت **Harvest index**	درصد پروتئین **Protein Percentage**
تکرار Replication	3	2.08^{ns}	4.22^{ns}	0.15^{ns}	10.7^{ns}	6.5^{ns}	19.06^{ns}	0.22^{ns}	1.15^{ns}
اسیدهیومیک Humic acid (H)	2	8.66**	245.31**	71.02*	21884.1**	180.12**	42504.2**	74.39*	29.08*
پتاسیم Potassium (K)	2	10.05*	189.46**	63.38*	143097.6**	163.5**	63891.5**	116.25**	22.51*
هیومیک×پتاسیم H × K	4	0.93^{ns}	100.5**	92.24**	9241.33**	2.74^{ns}	23577.8**	0.27^{ns}	1.47^{ns}
خطا (E)	24	0.71	3.74	7.88	401.28	14.59	1256.09	11.55	6.38
ضریب تغییرات (درصد) CV(٪)	-	9.03	15.86	13.56	10.47	7.14	7.15	8.82	8.97

ns، * و **: به ترتیب بیانگر تفاوت غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح پنج درصد و یک درصد

ns, *, **: Non significant and significant at 5% and 1%, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین ویژگی‌های تحت تأثیر کود پتاسیم و اسیدهیومیک

Table 3. Mean comparison of traits under potassium fertilizer and humic acid

تیمار **Treatment**	تعداد دانه در غلاف **Grain number per pod**	شاخص کلروفیل **Chlorophyll index**	شاخص برداشت (درصد) **Harvest index (%)**	درصد پروتئین (درصد) **Protein percentage (%)**
اسیدهیومیک Humic acid (lit.ha^{-1})				
عدم کاربرد (شاهد) Non-used (Control)	7.76 b	45.01 b	36.64 b	21.71 b
۲ 2	9.45 a	56.15 a	39.32 a	30.46 a
۴ 4	10.8 a	59.21 a	39.65 a	32.25 a
LSD 5%	0.37	1.28	0.59	1.53
کود پتاسیم Potassium fertilizer (Kg.ha^{-1})				
عدم کاربرد (شاهد) Non-used (Control)	7.09 c	47.81 c	36.55 b	25.30 b
2 2	9.57 b	54.33 b	37.33 b	28.59 ab
4 4	11.34 a	58.22 a	41.51 a	30.54 a
LSD 5%	0.31	1.05	0.46	1.24

میانگین تیمارهایی که اختلافشان از LSD بزرگتر است در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌دار دارند.

Mean treatments greater than LSD had significant difference at 5% probability level.

تعداد غلاف در بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده اثـر معنـی‌دار نـانوکلات پتاسیم و اسیدهیومیک و برهمکنش آن‌ها بـر تعـداد غـلاف در بوته در سطح احتمال یـک درصـد بـود (جـدول ۲). بیشـترین تعداد غلاف در بوته از کـاربرد ۴ کیلـوگرم در هکتـار نـانوکلات پتاسیم و ۲ لیتر در هکتار اسیدهیومیک حاصل شد کـه نسـبت به تیمار عدم کاربرد اسیدهیومیک و نـانوکلات پتاسـیم حـدود ۲۳/۵ درصد افزایش نشان داد (جدول ۴).

جدول ۴- مقایسه میانگین ویژگی‌های تحت تأثیر کود پتاسیم × اسیدهیومیک

Table 4. Mean comparison of traits under interaction of potassium fertilizer×humic acid

اسیدهیومیک **Humic acid (lit.ha⁻¹)**	کود پتاسیم **potassium fertilizer (Kg.ha⁻¹)**	تعداد غلاف در بوته **Pod number per plant**	وزن۱۰۰دانه **100-seed weight(g)**	عملکرد دانه **Grain yield (g/m²)**	عملکرد بیولوژیک **Biological yield (g/m²)**
عدم کاربرد (شاهد) Non-used (Control)	عدم کاربرد (شاهد) Non-used (Control)	10.89 e	18.64 e	169.6 d	433.11 e
	2 2	11.02 d	19.06 de	173.02 cd	452.3 de
	4 4	12.1 f	19.75 d	175.05 cd	460.18 d
2 2	عدم کاربرد (شاهد) Non-used (Control)	12.62 f	20.29 cd	180.2 c	489.7 c
	2 2	13.75 b	21.04 bc	191.11 bc	516.4 b
	4 4	14.19 a	23.89 a	226.29 a	539.9 a
4 4	عدم کاربرد (شاهد) Non-used (Control)	13.11c	20.72 c	182.17 c	498.05 bc
	2 2	14.01 ab	21.5 b	198.41 b	521.5 b
	4 4	14.37 a	24.01 a	231.34 a	545.7 a
LSD 5%		0.32	0.1	0.5	4.5

میانگین تیمارهایی که اختلافشان از LSD بزرگتر است، در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌دار دارند.

Mean treatments greater than LSD have significant difference at 5% probability level.

به نظـر مـی‌رسـد در ایـن پـژوهش اسـتفاده از نـانوکلات پتاسـیم و اسـید هیومیـک بـا کـلات‌کـردن و افـزایش جـذب عناصری نظیر نیتـروژن، فسـفر، پتاسـیم، منگنـز، آهـن، روی و مس باعث افزایش رشد اندام هوایی و تولید می‌شـود. همچنـین اسید هیومیک با اثرات شبه هورمونی خـود، اثـرات مفیـدی در افـزایش تولیـد گیـاه دارد (Tourfi & Shokuhfar, 2014)، زیرا بدیهی است زمانی که عناصـر غـذایی بـه مقـدار کـافی در اختیار گیاه قرار می‌گیرد، به دنبال آن فتوسنتز به خوبی انجـام شده و تجمع مـواد پـرورده در مقاصـد گیـاه، بـه میـزان کـافی صورت خواهد گرفت و این امر سـبب افـزایش تعـداد غـلاف در بوته مـی‌شـود (Motaghi & Sakinejad, 2014). در همـین راستا Tripura *et al*, (2017) بیان داشتند کـه کـاربرد تـوأم اسیدهیومیک و کود پتاسیم باعث افزایش تعداد غلاف در بوتـه، تعداد دانه در غلاف و عملکرد دانه در لوبیا چشم‌بلبلی شـد. آن-ها عنوان داشتند کاربرد هیومیـک اسـید و پتاسـیم بـا افـزایش میزان کلروفیل، پروتئین‌ها و رشد و نفوذ ریشه میزان فتوسـنتز در گیاه را افـزایش مـی‌دهنـد. نتـایج سـایر پژوهشـگران نظیـر Sharifi *et al*, (2013) و Soufifard & Sadeghi (2019) مؤید نتایج این تحقیق بود.

وزن۱۰۰دانه

نتـایج حاصـل از تجزیـه واریـانس داده‌هـا نشـان داد کـه وزن۱۰۰دانـه تحـت تـأثیر بـرهمکنش نـانوکلات پتاسـیم و اسـیدهیومیک در سـطح احتمـال یـک درصـد معنـی‌دار شـد (جـدول۲). بیشـترین وزن۱۰۰دانـه از کـاربرد ۴ کیلـوگرم در هکتار نانوکلات پتاسـیم و ۲ لیتـر در هکتـار اسـیدهیومیک بـه دست آمد که نسـبت بـه تیمـار عـدم کـاربرد اسـیدهیومیک و نانوکلات پتاسیم حدود ۲۲ درصـد افـزایش نشـان داد (جـدول ۴). طبق این گزارش پتاسیم و اسید هیومیک با اثـر بـر انتقـال بیشتر مواد فتوسنتزی از برگ‌ها به دانه‌هـا، وزن۱۰۰دانـه را در گیـاه زراعـی افـزایش داده اسـت (Tourfi & Shokuhfar, 2014). در همـین راسـتا Delfine *et al*, (2005) بیـان

داشتند که اسید هیومیک با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه شده و احتمالاً با بهبود تولید قند، پروتئین و ویتامین در گیاه و تأثیر مثبتی که بر جنبه‌های مختلف فتوسنتز گذاشته، محتوای غذایی (ترکیبات ذخیرهای بذر) و وزن۱۰۰دانه در گیاه را افزایش دهد (Cavani *et al.*, 2003). از طرفی دیگر می‌توان بیان داشت که با توجه به نقش پتاسیم در افزایش تقسیم و رشد سلولی و افزایش در فرآیند فتوسنتز و انتقال مواد فتوسنتزی، محدودیت مخزن تا حدودی از بین رفته و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه ها باعث پرشدن دانه شده و وزن۱۰۰۰دانه افزایش می‌یابد که با نتایج Kahraman (2017) مطابقت داشت.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر برهمکنش نانوکلات پتاسیم و اسیدهیومیک بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین عملکرد دانه از کاربرد ۴ کیلوگرم در هکتار نانوکلات پتاسیم و ۲ لیتر در هکتار اسیدهیومیک به میزان ۲۲۶/۳۴ گرم در مترمربع و کمترین عملکرد دانه مربوط از تیمار عدم کاربرد اسیدهیومیک و نانوکلات پتاسیم به میزان ۱۶۹/۶ گرم در مترمربع حاصل شد (جدول ۴). به نظر می‌رسد اسید هیومیک نفوذپذیری غشای سلولی را افزایش داده و بدین طریق ورود پتاسیم را تسهیل می‌کند که نتیجه آن افزایش فشار داخل سلولی و تقسیم سلول است. از طرف دیگر افزایش انرژی در داخل سلول منجر به افزایش تولید کلروفیل و میزان فتوسنتز خواهد شد. به دنبال آن یک عامل مهم در رشد یعنی جذب نیتروژن به درون سلول تشدید می گردد و تولید نیترات کاهش می‌یابد که در نهایت این اثرات منجر به افزایش تولید و عملکرد دانه گیاه می‌شود (Giasuddin *et al.*, 2007). همچنین در این تحقیق وجود کود پتاسیم کافی نیز سبب حفظ فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی می‌شود. بدین ترتیب با توجه به نقش پتاسیم در انتقال مواد فتوسنتزی و افزایش تعداد دانه و وزن۱۰۰دانه در گیاه، افزایش عملکرد دانه با کاربرد پتاسیم قابل توجیه است (Baratzadeh *et al.*, 2019). افزایش عملکرد دانه با کاربرد اسیدهیومیک و نانوکلات پتاسیم توسط Sadaf & Tahir (2017) و Kuntyastuti *et al*, (2019) نیز گزارش شده است که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت.

شاخص کلروفیل

نتایج حاصل نشان داد که اثر نانوکلات پتاسیم و اسیدهیومیک بر شاخص کلروفیل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین ها نشان داد که کاربرد ۴ لیتر در هکتار اسیدهیومیک دارای بیشترین شاخص کلروفیل با میانگین ۵۹/۲۱ و کمترین شاخص کلروفیل از تیمار عدم کاربرد اسیدهیومیک (شاهد) با میانگین ۴۵/۰۱ حاصل شد (جدول ۳). افزایش شاخص کلروفیل در گیاهان ممکن است به نقش اسید هیومیک در فتوسنتز، تنفس و شرکت آهن در ساختمان کلروفیل مربوط باشد که در نتیجه باعث افزایش عملکرد در گیاه می‌شود. همچنین اسید هیومیک از طریق قدرت کلات‌کنندگی عناصر غذایی و با کاهش تبخیر و تعرق و در نتیجه قراردادن آب و مواد غذایی بیشتر و مناسب‌تر در اختیار گیاه می‌تواند ساخت رنگیزه‌ها را افزایش دهد و انتقال مواد فتوسنتزی را در گیاه راحت‌تر کند (Delfine *et al.*, 2005). در همین رابطه Tripura *et al*, (2017) عنوان داشتند که کاربرد هیومیک اسید با افزایش میزان کلروفیل و پروتئین‌ها میزان فتوسنتز در گیاه را افزایش می‌دهند که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. از طرفی بیشترین شاخص کلروفیل از کاربرد ۴ کیلوگرم در هکتار، با میانگین ۵۸/۲۲ و کمترین شاخص کلروفیل از عدم کاربرد کود پتاسیم (شاهد) با میانگین ۴۷/۸۱ به‌دست آمد (جدول ۳). به نظر می‌رسد بیشتربودن شاخص کلروفیل در تیمارهای کودی به این علت باشد که عنصر پتاسیم باعث فعال‌شدن بسیاری از آنزیم‌ها می‌شود، به طوری که برای سنتز کلروفیل و تشکیل کربوهیدرات‌ها لازم و ضروری است که مطالعات Mindari *et al*, (2019) مؤید نتایج این تحقیق بود. همچنین Adhikari *et al*, (2020) اظهار داشتند که کاربرد کود پتاسیم نسبت به عدم کاربرد آن سبب افزایش میزان کلروفیل و رشد گیاه شد که با یافته‌های این تحقیق همخوانی داشت.

عملکرد بیولوژیک

با توجه به نتایج عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر برهمکنش نانوکلات پتاسیم و اسیدهیومیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین عملکرد بیولوژیک به تیمار ۴ کیلوگرم در هکتار نانوکلات پتاسیم و ۲ لیتر در هکتار اسیدهیومیک به میزان ۵۳۹/۹ گرم در مترمربع و کمترین عملکرد بیولوژیکی به تیمار عدم کاربرد اسیدهیومیک و نانوکلات پتاسیم به میزان ۴۳۳/۱۱ گرم در مترمربع اختصاص یافت. به نظر می‌رسد مصرف اسیدهیومیک و کود پتاسیم به‌طور معنی‌داری بر عمق نفوذ ریشه اثر دارد. اسیدهیومیک و پتاسیم نفوذ ریشه را افزایش می‌دهد و از این طریق بر تداوم جذب عناصر غذایی و آب اثر می‌گذارد که نتیجه آن افزایش عملکرد بیولوژیک و دانه خواهد بود (Tripura *et al.*, 2017).

گزارش شده است که اسیدهیومیک از طریق افزایش محتوای نیتروژن برگ‌ها و حفظ ماندگاری برگ‌ها سبب بهبود رشد، افزایش زیست توده تولیدی (Ayas & Gulser, 2005). اسید هیومیک به علت ویژگی‌های سایتوکینینی موجب به تأخیر انداختن تجزیه کلروفیل و پروتئین‌ها در برگ و پیری در گل‌ها می‌شود و این ترکیبات نیز در متابولیسم کربوهیدرات‌ها و انتقال آن‌ها به ساقه‌های در حال رشد نقش اساسی دارند و از این طریق موجب افزایش میزان ماده خشک در گیاه می‌شوند (غلامی و همکاران، ۲۰۱۵). در این رابطه Motaghi & Sakinejad (2014) بیان کردند بیشترین زیست توده از برهمکنش ۱۰۰ پی‌پی‌ام اسیدهیومیک و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم حاصل شد. افزایش عملکرد بیولوژیک با کاربرد اسیدهیومیک و نانوکلات پتاسیم توسط Gomaa *et al,* (2017) و Rahimi & Salahizadeh (2015) نیز گزارش شده است که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت.

شاخص برداشت

نتایج نشان داد که شاخص برداشت تحت تأثیر اسیدهیومیک در سطح احتمال پنج درصد و نانوکلات پتاسیم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر اسیدهیومیک بر شاخص برداشت نشان داد که بیشترین شاخص برداشت مربوط به کاربرد ۴ لیتر در هکتار اسیدهیومیک با میانگین ۳۹/۶۵ درصد که با کاربرد ۲ لیتر در هکتار تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین شاخص برداشت به تیمار عدم کاربرد اسیدهیومیک (شاهد) با میانگین ۳۶/۶۴ درصد اختصاص یافت (جدول ۳). در این پژوهش اسید هیومیک با افزایش عملکرد دانه باعث افزایش شاخص برداشت شد. با کاربرد اسیدهیومیک، عملکرد دانه به نسبت عملکرد بیولوژیک در مقایسه با شاهد افزایش بیشتری داشت، در نتیجه از شاخص برداشت بیشتری برخوردار بود. نتایج ارائه‌شده توسط محققان دیگر نیز حاکی از افزایش شاخص برداشت با کاربرد اسید هیومیک می‌باشد (Dincsoy & Sonmez, 2019). همچنین بیشترین شاخص برداشت از کاربرد ۴کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم با میانگین ۴۱/۵۱ درصد و کمترین شاخص برداشت از تیمار عدم کاربرد کود پتاسیم (شاهد) با میانگین ۳۸/۳۸ درصد به‌دست آمد (جدول ۳). به نظر می‌رسد با توجه به نقش عنصر پتاسیم در افزایش راندمان رشد رویشی گیاه به‌صورت اجزای عملکرد و عملکرد دانه بیشتر، افزایش شاخص برداشت قابل انتظار است. در این پژوهش کاربرد پتاسیم عملکرد دانه را نسبت به عملکرد بیولوژیک بیشتر افزایش داد و این امر باعث افزایش شاخص برداشت شد. در این رابطه می‌توان چنین بیان نمود که شاخص برداشت ارتباط مستقیم با عملکرد دانه دارد و افزایش عملکرد دانه تحت اثر کود پتاسیم در نتایج تحقیقات Abbas *et al,* (2011) و Soufifard & Sadeghi (2019) نیز گزارش شده است. بیشترین شاخص برداشت از تیماری که بیشترین کود پتاسیم را دریافت کرده بود و بیشترین عملکرد دانه را نیز به خود اختصاص داده بود، به‌دست آمد که نظر به موارد فوق‌الذکر قابل‌قبول می‌باشد.

درصد پروتئین دانه

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس مؤید این نکته است که درصد پروتئین تحت تأثیر سطوح مختلف نانوکلات پتاسیم و اسیدهیومیک در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین درصد پروتئین مربوط به کاربرد ۴ لیتر در هکتار اسیدهیومیک بود که نسبت تیمار عدم کاربرد اسیدهیومیک (شاهد) ۳۲ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳) به‌نظر می‌رسد اسید هیومیک از طریق افزایش قابلیت ریشه‌ها در جذب عناصر نیتروژن، فسفر و گوگرد و مداخله در فعالیت های آنزیمی با فراهمی آن‌ها برای گیاه، سبب افزایش توان ساخت پروتئین در گیاه و انتقال آن به دانه‌ها و بهبود کیفیت دانه گردید (El-Bassiony *et al.,* 2010). از طرفی Teimoori *et al,* (2019) اظهار داشتند کاربرد اسید هیومیک در افزایش میزان کلروفیل و فتوسنتز مؤثر است، زیرا باعث افزایش رشد رویشی گیاه و در نتیجه افزایش ماده خشک و میزان پروتئین گردید. همچنین بیشترین درصد پروتئین از کاربرد ۴ کیلوگرم در هکتار، با میانگین ۳۰/۵۴ درصد و کمترین درصد پروتئین از تیمار عدم کاربرد کود پتاسیم (شاهد) با میانگین ۲۵/۳۰ درصد به‌دست آمد (جدول ۳). افزایش درصد پروتئین را می‌توان بدین صورت توجیه کرد که عناصر غذایی نظیر پتاسیم در تقسیم سلولی بافت‌های مریستمی، متابولیسم قندها و کربوهیدرات‌ها، متابولیسم نیتروژن و همچنین به‌عنوان بخشی از ساختمان آنزیم‌ها عمل می‌نمایند و آنزیم‌ها قسمت اعظمی از مواد پروتئینی را تشکیل می‌دهند (Marchner, 1993). از طرفی به نظر می‌رسد کاهش درصد پروتئین در تیمار شاهد در اثر این باشد که اولین علایم احتمالی کمبود پتاسیم، کاهش زیاد در سطوح RNA و مقدار ریبوزوم سلول‌هاست. این کاهش در ساخته شدن RNA منجر به جلوگیری از تشکیل پروتئین می‌شود (Marchner, 1993). نتایج به‌دست‌آمده توسط Baratzadeh *et al,* (2019) حاکی از آن است که با افزایش مصرف پتاسیم، مواد فتوسنتزی بیشتری جهت سنتز پروتئین اختصاص یافته و

هدایت و انتقال هیدروکربن‌ها کاهش خواهد یافت. همچنین Yves Theoneste *et al,* (2007) عنوان داشتند که پتاسیم در ساخت ترکیبات پلیمری در گیاه نقش اساسی دارد. در گیاهانی که دچار کمبود پتاسیم می‌باشند، قندهای ساده، ترکیبات نیتروژنی محلول و اسیدهای آمینه انباشته شده و از مقدار نشاسته و پروتئین برگ‌ها کاسته می‌شود.

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش نشان داد که کاربرد دو عامل اسیدهیومیک و پتاسیم در گیاهان اثر بازدارندگی نسبت به هم ندارند. همچنین در جایگاه جذب گیاه با هم رقابت نداشته و هر دو عامل، تأثیر مشترکی در فرایندهای زیستی گیاه از جمله فتوسنتز، عملکرد دانه و درصد پروتئین دارند. لذا این دو عامل در کنار یکدیگر باعث افزایش مؤلفه‌های عملکردی می‌گردند. بنابراین با توجه به کمبود پتاسیم در خاک‌های زراعی خوزستان به‌نظر می‌رسد استفاده از نانوکلات پتاسیم و اسیدهیومیک بهترتیب به میزان ۴ کیلوگرم در هکتار و ۲ لیتر در هکتار، راهکاری مناسب در جهت افزایش عملکرد کمّی و درصد پروتئین لوبیا چشم‌بلبلی با توجه به کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از کاربرد کودها در خاک باشد.

منابع

1. Abbas, G., Aslam, M., Malik, A.U., Abbas, Z., Ali, M., and Hussain, F. 2011. Potassium sulphate effects on growth and yield of mungbean (*Vigna radiata* L.) under arid climate. International Journal of Agriculture and Applied Sciences 3(2): 72-75.
2. Adhikari, B., Kumar Dhungana, S., Kim, I.D., and Shin, D.H. 2020. Effect of foliar application of potassium fertilizers on soybean plants under salinity stress. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences 19: 261-269.
3. Antoun, L., Sahar, W., Zakaria, M., and Rafla, H. 2010. Influence of compost Nmineral and humic acid on yild and chemical composition of wheat plant. Jornal Soil Science and Agriculture l(11): 1131-1143.
4. Ayas, H., and Gulser, F. 2005. The effect of sulfur and humic acid on yield components and macronutrient contents of spinach. Journal of Biological Sciences 5(6): 801-804.
5. Baratzadeh, S., Saki Nejad, T., and Babainejad, T. 2019. Effect of potassium nano chlorate and ascorbic acid on yield and some qualitative characteristics of kidney bean seed of Kamran cultivar. Journal of Plant Production Science 9(2): 149-160.
6. Cavani, L., Ciavatta, C., and Gessa, C. 2003. Identification of organic matter from peat, leonardite and lignite fertilizers using humification parameters and electrofocusing. Bioresour Technology 86: 45-52
7. Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E., and Alvino, A. 2005. Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. Agronomy for Sustainable Development 25: 183-191.
8. Dincsoy, M., and Sonmez, F. 2019. The effect of potassium and humic acid applications on yield and nutrient contents of wheat (*Triticum aestivum* L. var. Delfii) with same soil properties. Journal of Plant Nutrition 42(20): 2757-2772.
9. El-Bassiony, A.M., Fawzy, Z.F., Abd El-Baky, M. M.H., and Mahmoud Asmaa, R. 2010. Response of snap bean plants to mineral fertilizers and humic acid application. Research Agricultural and Biological Science, INSInet Publication 6(2): 169-175.
10. Faiyad, R., Bador, A.G., and El-Mahdy, R.E. 2019. Maximizing utilization of some organic fertilizers to produce the highest yield of Cowpea. Egypt Journal Soil Scienca 59(1): 53-66.
11. Gardner, F.P., Piers, R., and Michelle, L. 2011. Physiology of Crop Plants. Translation: Koocheki A, and Sarmadnia Gh. 16th ed. Mashhad SID Press. 400 p.
12. Giasuddin, A.B.M., Kanel, S., and Choi, H. 2007. Adsorption of humic acid onto nanoscale zerovalent iron and its effect on arsenic removal. Journal of Environment Science Technology 41(6): 2022-2027.
13. Ghorbani, S., Khazaei, H.R., Kafi, M., and Banayan Aval, M. 2010. Effect of humic acid application in irrigation water on yield and yield components of corn. Agricultural Ecology Journal 2(1):123-131. (in Persian).
14. Gomaa, M.A., Radwan, F.I., Kandil, E.E., and Al- Challabi, D.H.H. 2017. Comparison of some new maize hybrids response to mineral fertilization and some nanofertilizers. Alexandria Science Exchange Journal 38(3): 506-516.
15. Jones, J., Wolf, B., and Mills, H.A. 1991. Plant Analysis Handbook, Micro-macro. Publishing, 3rd Edition. 571 p.

16. Kahraman, A. 2017. Effect of humic acid doses on yield and quality parameters of cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] cultivars. Legume Research-An International Journal 40(1): 155-159.
17. Khan, A., Guramni, A.R., Khan, M.Z., Hussain, F., Akhtar, M.E., and Khan, S. 2012. Effect of humic acid on growth, yield, nutrient composition, photosynthetic pigment and total sugar contents of peas (*Pisum sativum* L). Journal of Chemical Society of Pakistan 6: 56-63.
18. Khan, R.U., Khan, M.Z., Khan, A., Saba, S., Hussain, F., and Jan, I.U. 2018. Effect of humic acid on growth and crop nutrient status of wheat on two different soils. Journal of Plant Nutrition 41(4): 453-460.
19. Koocheki, A., and Sarmadnia, Gh.H. 2008. Plant Physiology (translation). Mashhad Academic Publications. 467 p.
20. Kuntyastuti, H., Purwaningrahayu, R.D., and Lestari, S.A.D. 2019. Soybean growth and yield responses at third planting season to residual potassium fertilizer on a vertisol. Journal of Degraded and Mining Lands Management 6(2): 1645-1651.
21. Ludwig-Muller, J. 2000. Indole-3-butyric acid in plant growth and development. Plant Growth Regulation 2(3): 219-230.
22. Mahmoodi Zoeek, R., Nasri, M., and Oveysi, M. 2015. Effects of humic acid sprying on yield and nutrients transition to Wheat grain in drought stress condition. Agronomic Research in Semi Desert Regions 12(2): 119-131.
23. Mansourian, S., and Shokoohfar, A. 2015. Effect of potassium fertilizer and irrigation intervals levels on yield and yield components of cowpea (*Vigna unguiculata*) in Ahvaz condition. Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences 5(1): 26-32.
24. Mansourian, S., and Shokoohfar, A. 2015. Effect of potassium fertilizer and irrigation intervals levels on yield and yield components of cowpea (*Vigna unguiculata*) in Ahvaz condition. Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences 5(1): 26-32.
25. Marchner, H. 1993. Mineral Nutrition of Higherplants. 3nd Ed. Academic Press, Newyork., USA. pp 350- 355.
26. Mindari, W., Edi Sasongko, P., Kusuma, Z., and Aini, N. 2019. Efficiency of various sources and doses of humic acid on physical and chemical properties of saline soil and growth and yield of Rice. The 9th International Conference on Global Resource Conservation (ICGRC) and AJI from Ritsumeikan University AIP Conference Proceedings. 2019, 030001.
27. Motaghi, S., and Sakinejad, T. 2014. The effect of different levels of humic acid and potassium fertilizer on physiological indices of growth. International Journal of Biosciences 5: 99-105.
28. Rahimi, M., and Salahizadeh, A. 2015. Effect of different levels of irrigation and potassium on qualitative and quantitative characteristics of the beans in Yasooj, Iran. European Online Journal of Natural and Social Sciences 4(1): 50-56.
29. Sadaf, A., and Tahir, M. 2017. Effect of potassium on growth, yield and quality of mungbean under different irrigation regimes. Bulletin of Biological and Allied Sciences Research 2(4): 1-10.
30. Salardini, A. 2005. Soil Fertility. 7th Ed. Tehran University Press. 434 p. (in Persian).
31. Samadi Firouzabadi, B., and Farahani, E. 2013. Effect of planting date on seed yield and its components of mung bean (*Vigna radiata* L.) genotypes in varamin region in Iran. Seed and Plant Production Journal 29(3): 387-401. (in Persian with English abstract).
32. Saruhan, V., Kusvuran, A., and Babat, S. 2011. The effect of different humicacid fertilization on yield and yield components performances of common millet (*Panicum miliaceum* L.). Agronomy Journal 4: 130-133.
33. Shahsavani, Sh., Gharanjik, Sh., and Jadidoleslam, N. 2017. Effect of mycorrhiza, Pseudomonas bacteria and humic acid on growth indices of bean. Iranian Journal of Pulses Research 8(1): 97-112.
34. Sharifi, P., Karbalavi, N., and Aminpanah, H. 2013. Effects of drought stress and potassium sulfate fertilizer on green bean yield. Electronic Jornal of Crop Production 4: 137-149. (in Persian).
35. Soufifard, Sh., and Sadeghi, S.M. 2019. Effect of potassium sulfate fertilizer levels and row spacing on yield and yield components of bean in tea uprooted garden. Journal of Plant Ecophysiology 12(40): 250-262. (in Persian).
36. Teimoori, N., Heidari, Gh.R., Hosseinpanahi, F., Siosehmarde, A., and Sohrabi, Y. 2019. Response of physiological characteristics of Sardary wheat ecotypes to foliar application of humic acid before and after flowering in dryland conditions. Plant Production Technology 19(1): 173-190.
37. Tourf, F., and Shokuhfar, A.R. 2019. Effect of humic acid on yield, yield components and physiological parameters of wheat in deficit irrigation conditions. Journal of Plant Production Science 9(2): 121-132. (in Persian).

38. Tripura, P., Verma, R., Kumar, S., and Balwan, B. 2017. Effect of potassium humate and bio-inoculants on growth and yield of Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). Environment and Ecology 35(2): 1494-1498.
39. Yves Theoneste, M., Wah Oo, L., Gloria Chiwasa, T., and Chul Lee, S. 2018. Response of different potassium application rates on growth, yield, carbohydrates and protein content of Mungbean (*Vignaradiata* L.). International Journal of Science and Research 8(8): 697-702.

Iranian Journal of Pulses Research
Homepage: **https://ijpr.um.ac.ir**
Vol. 13, No. 2, December 2022, p. 50-61 (Original Research Article)

Effect of combination of the humic acid and nano-Potassium fertilizer on yield, yield components and protein percentage of cowpea (*Vigna unguiculata* L.)

Hosseininik[1], Mohammad Hossein; Shokuhfar[2*], Alireza; Payandeh[3], Khoshnaz

1. MSc. Agronomy, Department of Agronomy, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran; mhhossein24@gmail.com
2. Assistant Professor, Department of Agronomy, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran; alireza_shokuhfar@yahoo.com‹orchid; ORCID: 0000-0002-5903-653x
3. Assistant Professor, Department of Soil Sciences, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran; payandeh426gmail.com; ORCID: 0000-0002-1097-8104

The Dates:
Received: 9 February 2022; **Revised:** 3 April 2022
Accepted: 27 June 2022; **Available Online:** 22 December 2022

How to cite this article:
Hosseininik, M.H., Shokuhfar, A.R., and Payandeh, Kh. 2022. Effect of combination of the humic acid and nano-Potassium fertilizer on yield, yield components and protein percentage of Cowpea (*Vigna unguiculata* L.). Iranian Journal of Pulses Research 13(2): 50-61. (in Persian with English abstract). DOI: 10.22067/ijpr.v13i2.2202-1022

Introduction

Cowpea (*Vigna unguiculata* L.) as one of the important beans, has 20-25% protein and is a protein supplier that is needed by humans and plays an important role in this regard. Increasing yield per unit area is one of the most important factors for increasing production. Humic acid is a natural organic polymer compound that results from the decay of soil organic matter, peat, lignin, etc., which can be used to increase the product and its quality. One of the important benefits of using humic acid is the ability to chelate various nutrients such as potassium and magnesium and other elements to overcome the lack of nutrients. Humic acid also creates more space for water to penetrate through physical modification and improved soil granulation. Nanotechnology as a leading science in solving problems and issues of agriculture has well proven its place in agricultural sciences and related industries. Potassium is the most suitable cation with a capacity to activate plant enzymes because in addition to its high concentration in the cell and its amount in nature, this cation has an extraordinary mobility inside the plant. Therefore, the present study was conducted to investigate the effect of combining humic acid and potassium nano-chelate fertilizer on the characteristics of cowpea in Ahvaz.

Materials and Methods

In order to evaluate the effect of compilation of the humic acid and nano-potassium fertilizer on physiological, morphological and yield characteristics of cowpea (Vigna sp.) in Ahvaz, a factorial study was conducted in Ahvaz city in the year 2020 based on a randomized complete block design with four replications. Experimental factors included humic acid at three levels: zero (control), 2 and 4 liters per hectare and levels of potassium nano-chelate fertilizer as soil application at 3 levels including: zero (control), 2 and 4 kg ha^{-1} in Ahvaz region. Field preparation included plowing, disks and leveling. After preparation of the field, nitrogen and phosphate fertilizers were mixed with the disk machine at a depth of 15 cm. Nitrogen from the source of urea (46%) was 50 kg nitrogen per hectare and phosphorus fertilizer from the source of triple superphosphate at a rate of 80 kg/ha P (48%) was used. Statistical analysis was performed using SAS 9.2 and comparing of the means was based on LSD method at 5% probability level.

* **Corresponding Author:** alireza_shokuhfar@yahoo.com

Results and Discussion

The experimental results showed that the effect of different levels of potassium and humic acid nanoclate on grain yield, number of seeds per pod, number of pods per plant, 100-seed weight, biological yield and protein percentage were effective and affected these traits. The highest grain yield of 4 kg/ha potassium nanoclate and 4 liters/ha of humic acid at the rate of 226.29 g/m^2 (which was not statistically significant with the treatment of 4 kg/ha potassium nanoclate and 2 liters/ha of humic acid) It was found that compared to the non-application of humic acid and potassium nanochlate, it showed a 25% increase. In general, application of 2 liters per hectare of humic acid and 4 kg per hectare of potassium nanoclate can be recommended to increase the yield and percentage of protein in cowpea plant. Due to the persistence of photosynthetic tissues, humic acid increased plant yield and also increased plant yield through positive physiological effects such as the effect on plant cell metabolism and increasing leaf chlorophyll concentration. Potassium nano-chelate leads to improved plant growth conditions and cell division and the production of hydrocarbons and proteins and its rapid transfer to the grain, which increases grain weight and thus increases grain yield.

Conclusion

According to the results of this study, it was found that the application of two factors, humic acid and potassium, in plants do not have an inhibitory effect on each other, grain yield and protein percentage. Therefore, these two factors together increase the functional components. Therefore, due to the lack of potassium in the arable soils of Khuzestan, it seems that the use of nano-chelate potassium and humic acid at the rate of 4 kg per hectare and 2 liters per hectare, respectively, is a suitable solution to increase the yield and protein content of cowpea with suggested paying attention to the reduction of environmental pollution caused by the application of fertilizers in the soil.

Keywords: 100-seed weight، Biological yield، Chlorophyll index، Number of pods per plant